

Evolutions environnementales du Dévonien supérieur des Pyrénées Centrales

Manon NÉGREL^{1*}, Markus ARETZ¹, Élise NARDIN¹ et Benoît ISSAUTIER²

¹Géosciences Environnement Toulouse (OMP),
[*manon.negrel@get.omp.eu](mailto:manon.negrel@get.omp.eu), ²BRGM Orléans

Journées RGF 22-23 mars 2017

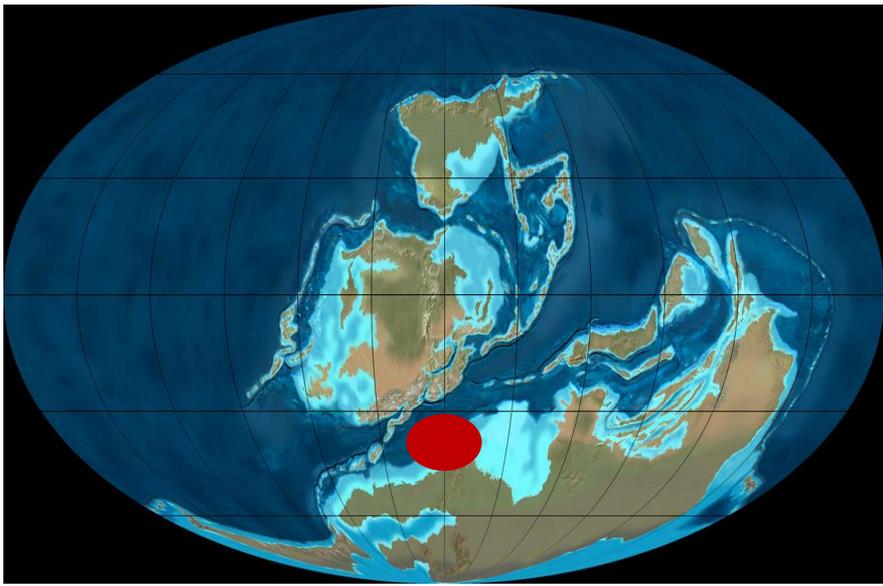


Introduction



RGF : Evolutions environnementales du Dévonien supérieur des Pyrénées Centrales

Système	Série	Etage	Zonation par conodontes Kaufmann, 2006	Evènements (House, 2002)		
Carbonifère	Inférieur	Tournaisien	duplicata	Hangenberg		
			sulcata			
Dévonien	Supérieur	Famennien	358.9 ± 0.4 Ma praesulcata	Dasberg		
			expansa	U L Annulata		
			postera trachytera			
			marginifera	Enkeberg Condroz		
			rhomboidea	Nehden		
			crepida			
			triangularis			
			372.2 ± 1.6 Ma linguiformis	U. Kellwasser L. Kellwasser		
			Frasnien	rhenana	Rhinstreet	Middlesex Timan Genundewa Frasnes
				jamieae		
	hassi					
	punctata					
	382.7 ± 1.6 Ma transistans falsiovalis					



Modifié d'après Blakey
(<https://deeptimemaps.com>)



Problématique



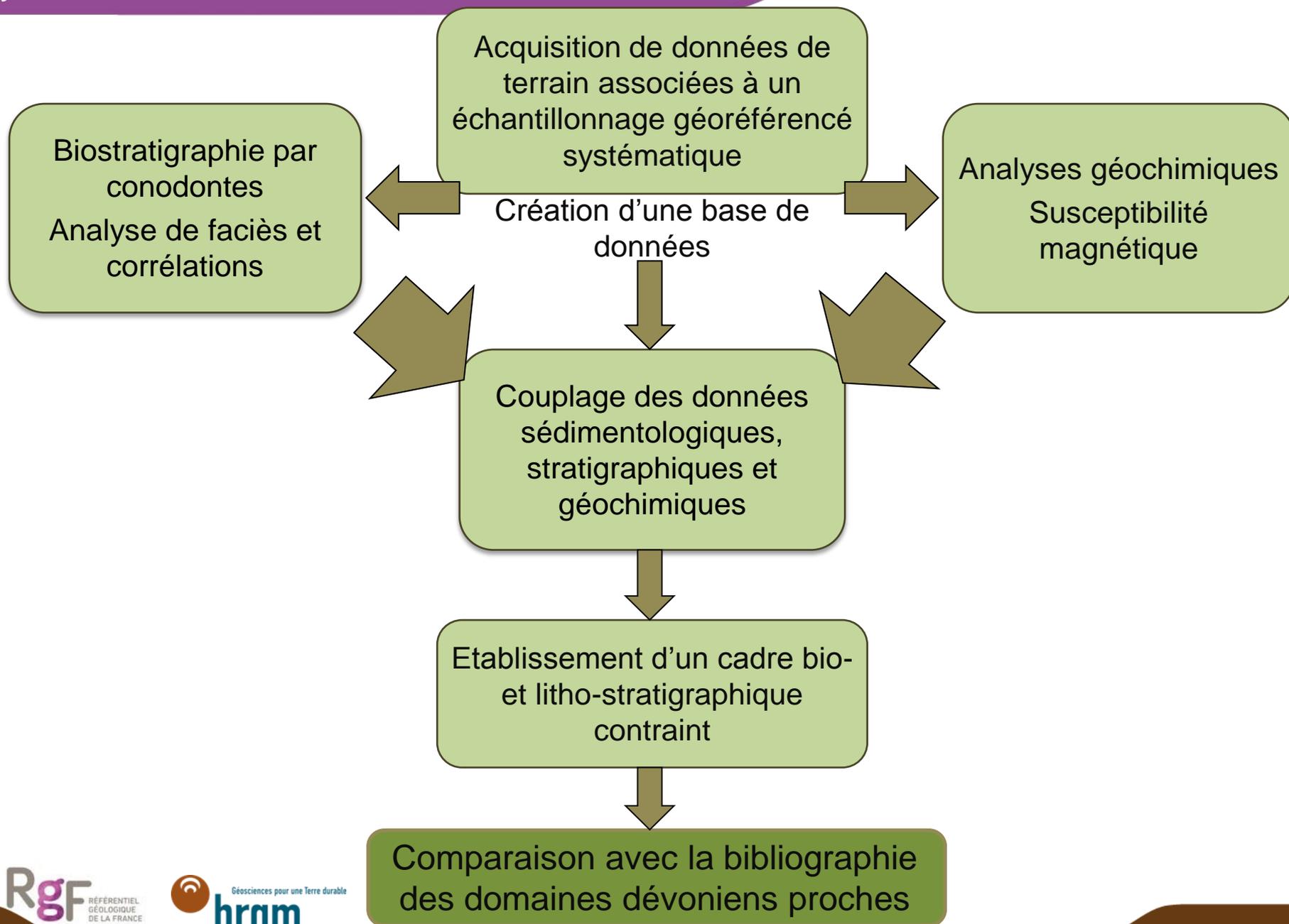
Quelle est l'évolution environnementale des dépôts du Dévonien supérieur des Pyrénées Centrales ?

- ⇒ Etude globale à l'échelle des Pyrénées Centrales
- ⇒ Etude ciblée sur des niveaux particuliers correspondant à des évènements anoxiques



Matériel et méthodes

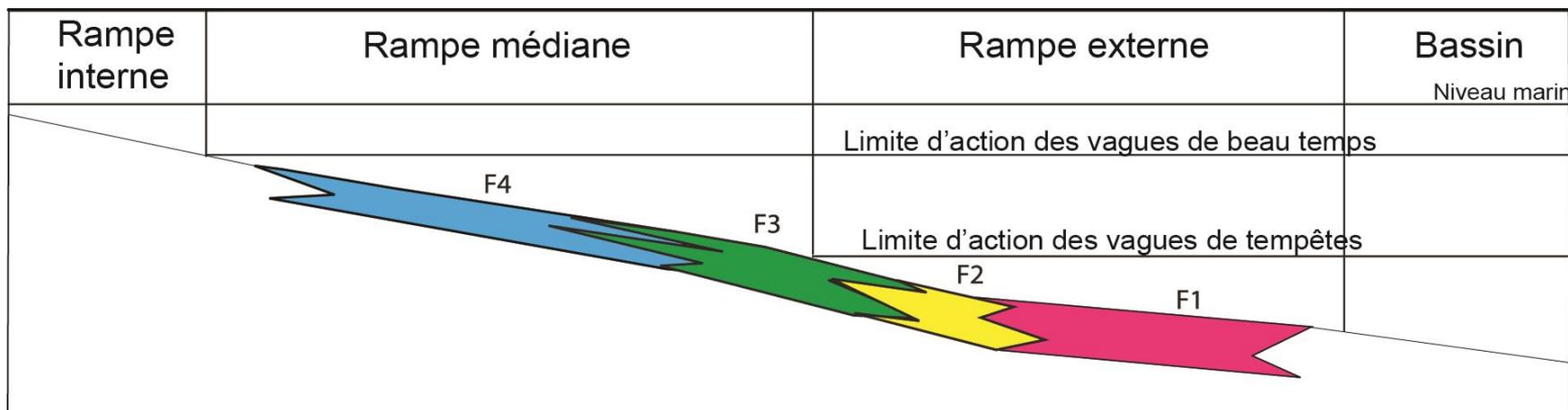






Analyse de faciès





Faciès 4 : Wackestones diversifiés



Faciès 3 : Mudstones à wackestones à céphalopodes

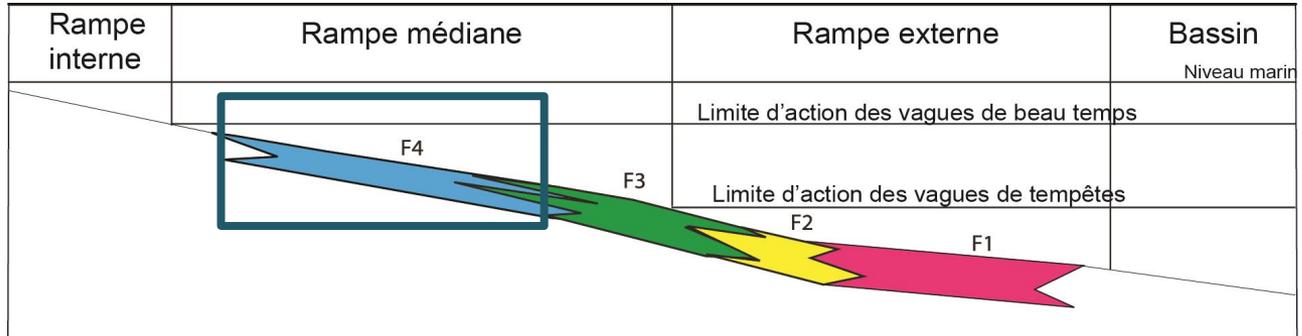


Faciès 2 : Mudstones à wackestones pélagiques



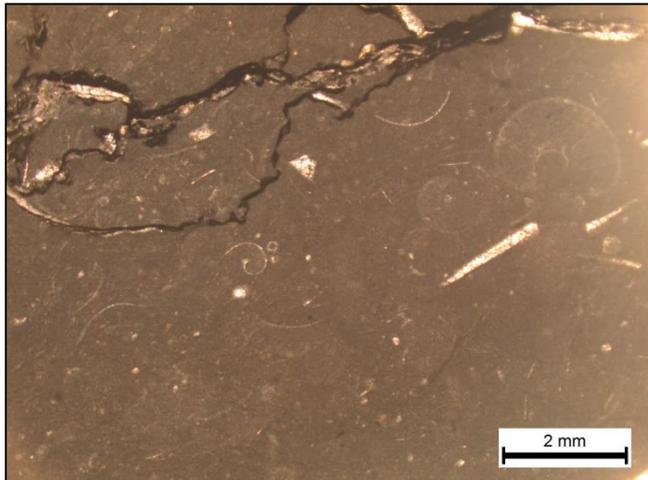
Faciès 1 : Mudstones pélagiques

Modèle de dépôt (Girard et al., 2013)

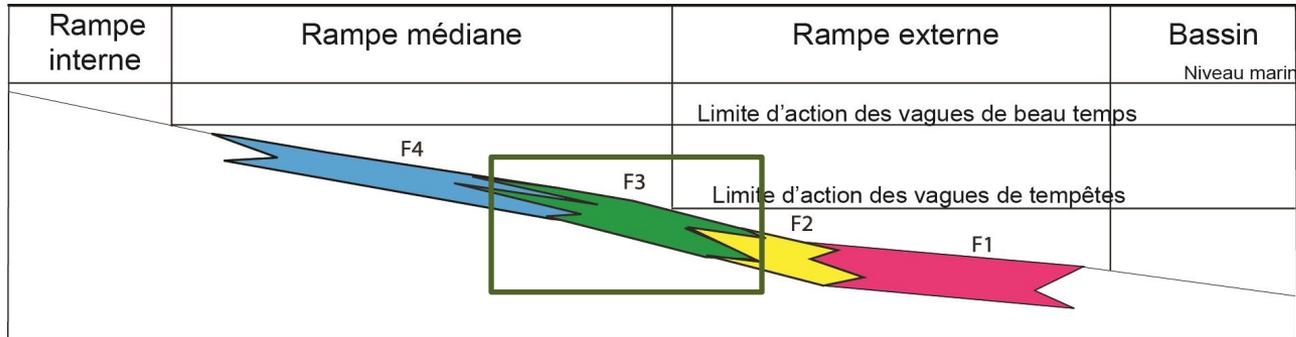


Modèle de dépôt (Girard et al., 2013)

- Faciès 4 : Wackestones diversifiés
- Faciès 3 : Mudstones à wackestones à céphalopodes
- Faciès 2 : Mudstones à wackestones pélagiques
- Faciès 1 : Mudstones pélagiques

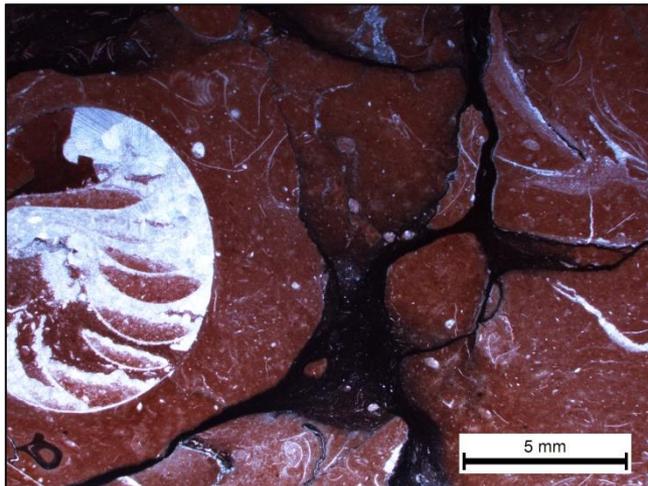


Wackestone à faunes variées

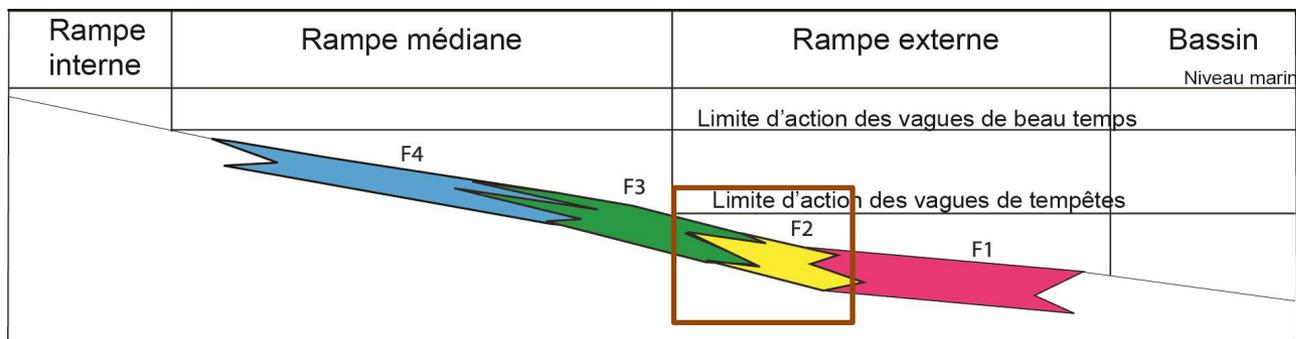


Modèle de dépôt (Girard et al., 2013)

- Faciès 4 : Wackestones diversifiés
- Faciès 3 : Mudstones à wackestones à céphalopodes
- Faciès 2 : Mudstones à wackestones pélagiques
- Faciès 1 : Mudstones pélagiques

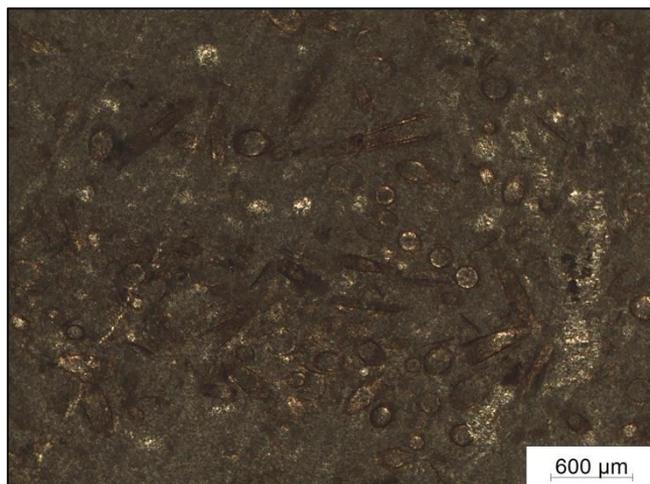


Wackestone à céphalopodes

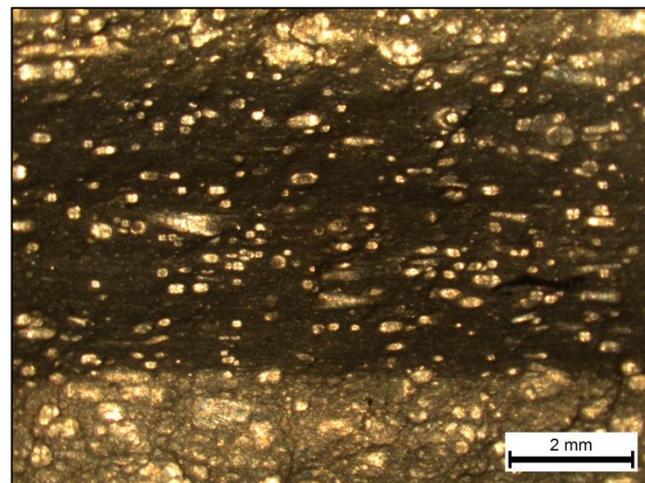


Modèle de dépôt (Girard et al., 2013)

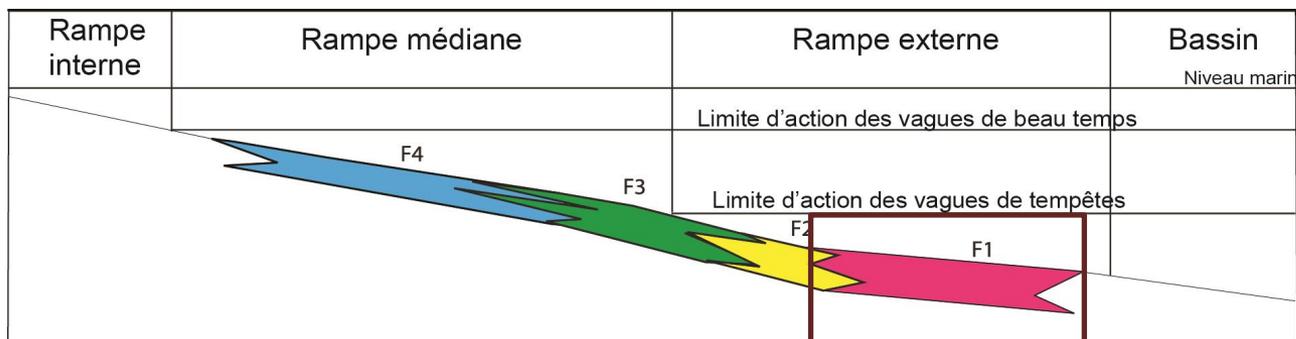
-  Faciès 4 : Wackestones diversifiés
-  Faciès 3 : Mudstones à wackestones à céphalopodes
-  Faciès 2 : Mudstones à wackestones pélagiques
-  Faciès 1 : Mudstones pélagiques



Wackestone à tentaculites



Argiles bioclastiques à passées carbonatées



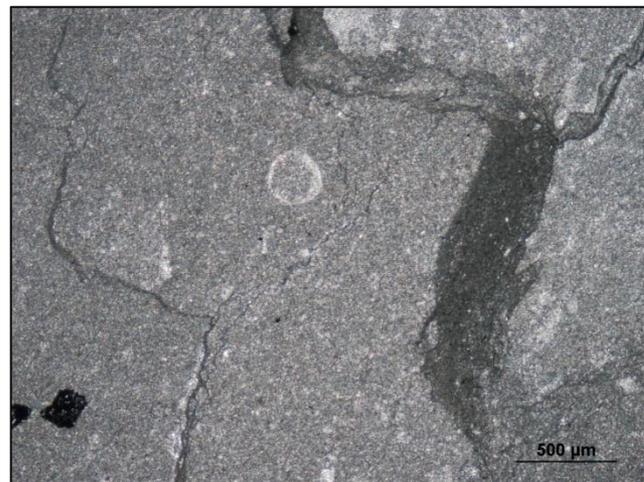
Modèle de dépôt (Girard et al., 2013)

-  Faciès 4 : Wackestones diversifiés
-  Faciès 3 : Mudstones à wackestones à céphalopodes
-  Faciès 2 : Mudstones à wackestones pélagiques
-  Faciès 1 : Mudstones pélagiques

Mudstone à tentaculites



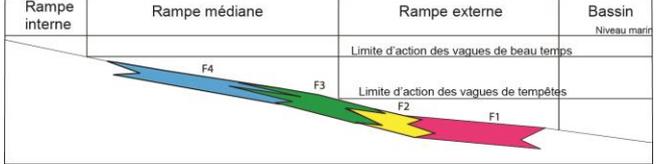
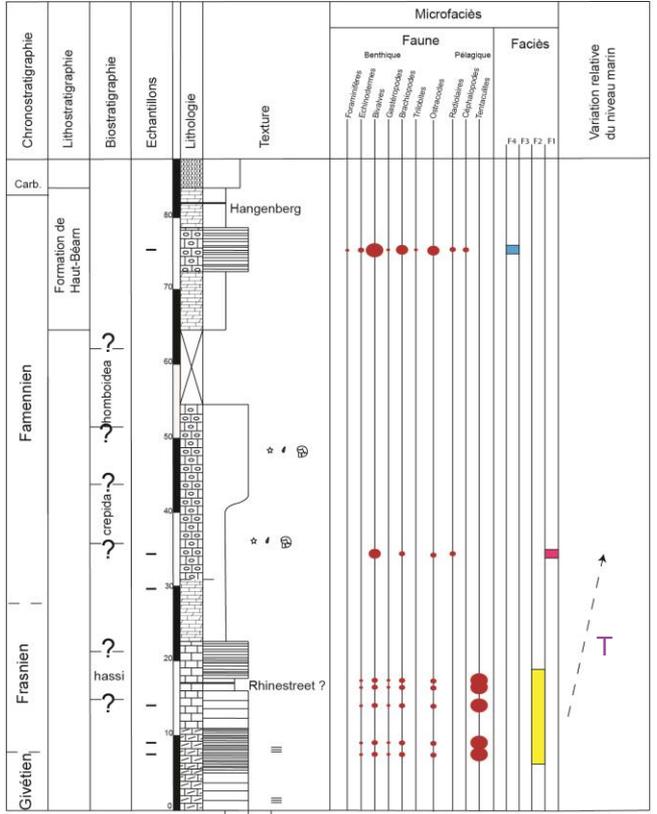
Mudstone à ostracodes



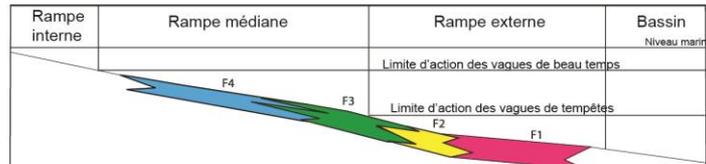
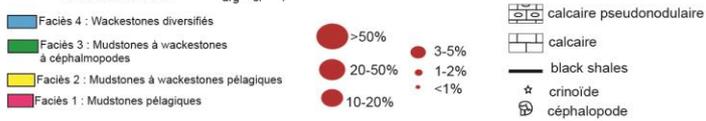
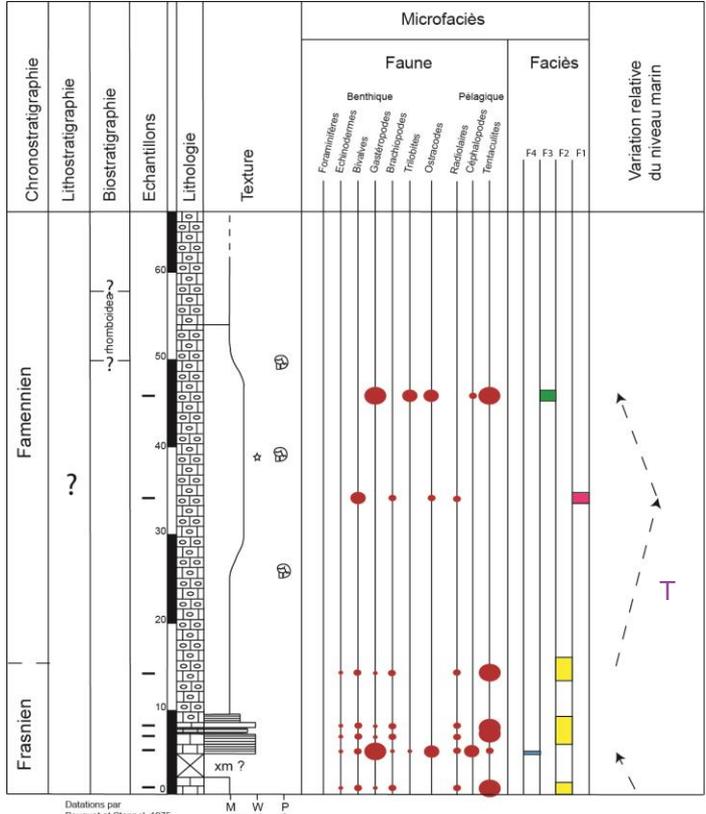
RGF : Evolutions environnementales du Dévonien supérieur des Pyrénées Centrales



Localisation des affleurements (image d'après Google Earth)



Coupe du Pont des Saubettes

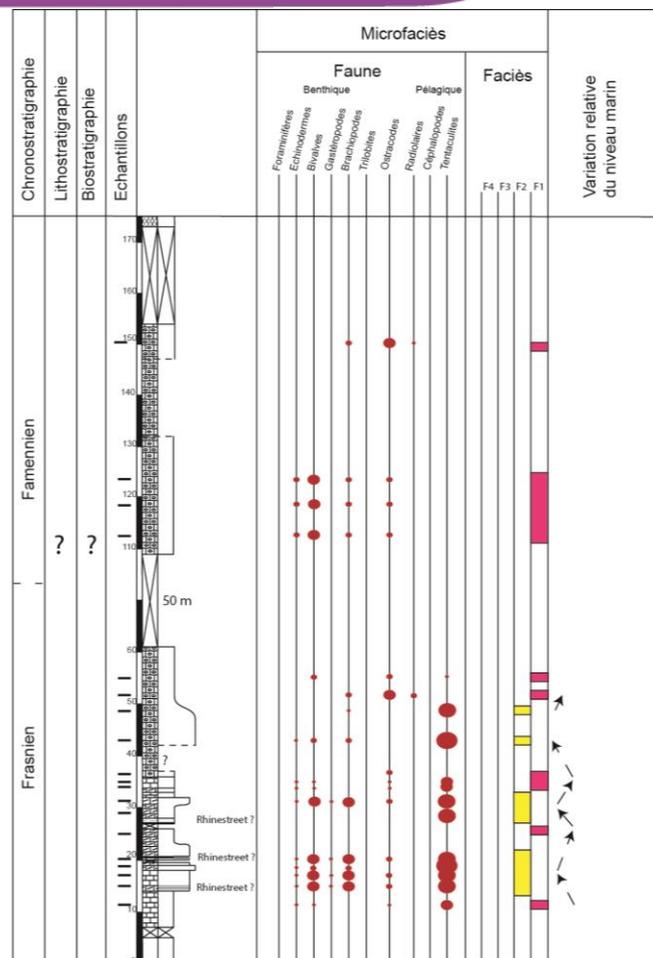


Coupe de la carrière de Cierp

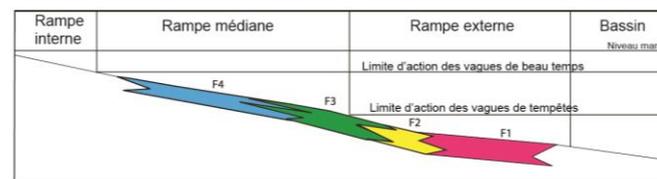




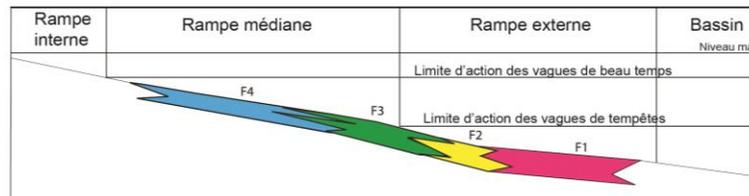
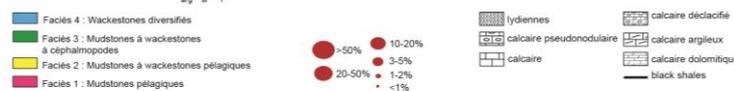
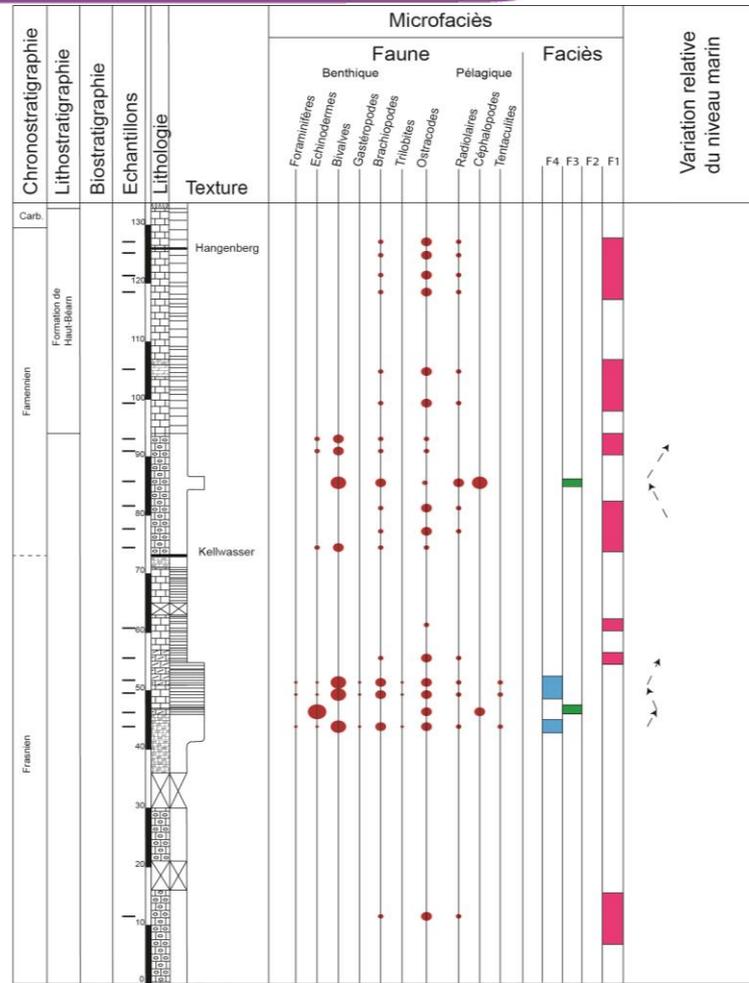
Localisation des affleurements (image d'après Google Earth)



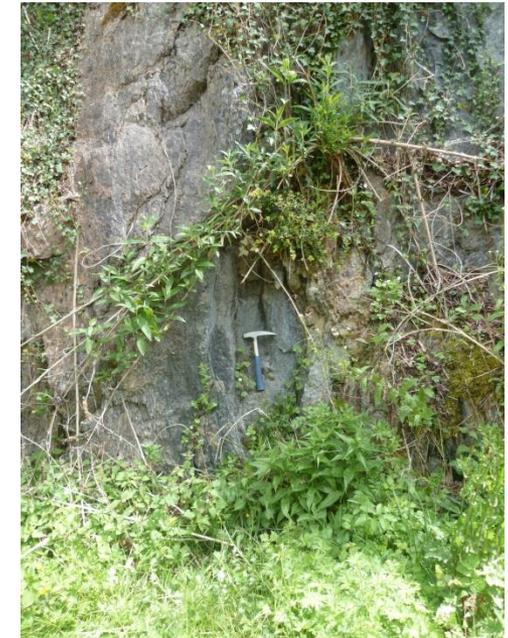
Coupe de la Mère Lassère



RGF : Evolutions environnementales du Dévonien supérieur des Pyrénées Centrales

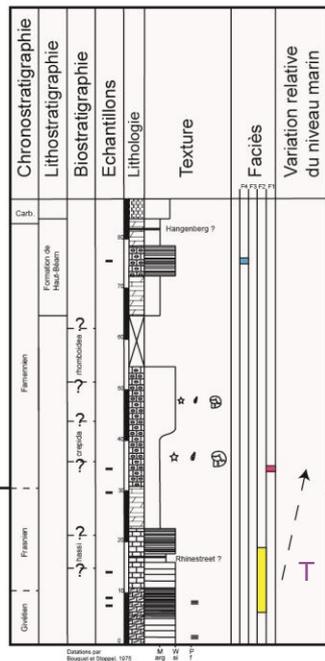


Localisation des affleurements (image d'après Google Earth)

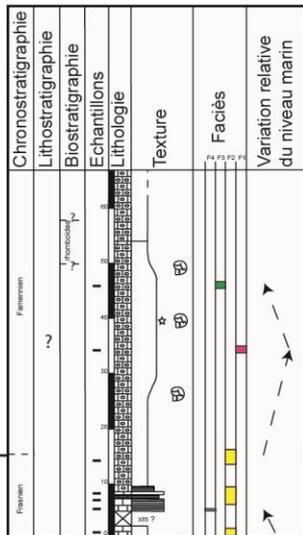


Coupe du Pont de la Taulé

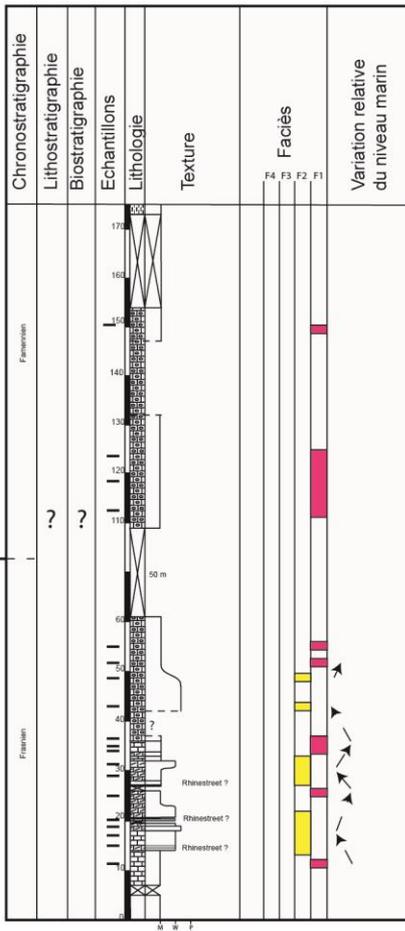
Log du Pont des Saubettes



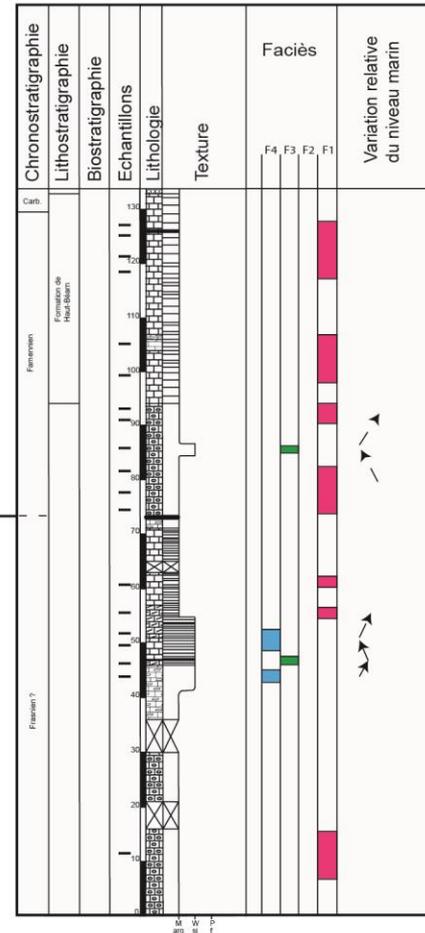
Log de la carrière de Cierp



Log de la Mère Lassère



Log du Pont de la Taulé



Limite Frasnien-Famennien

Corrélation des logs des Pyrénées Centrales

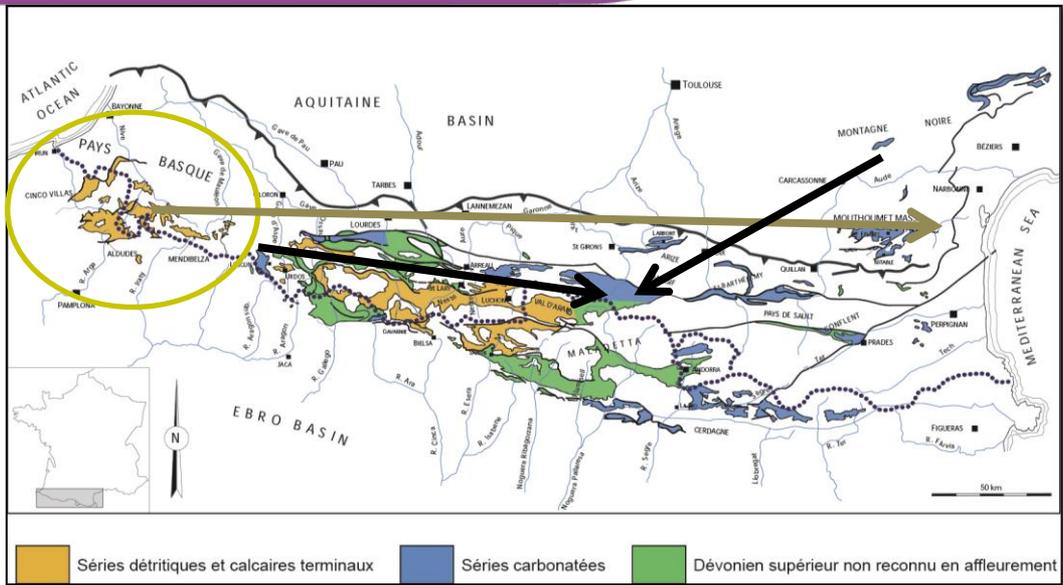
RGF : Evolutions environnementales du Dévonien supérieur des Pyrénées Centrales



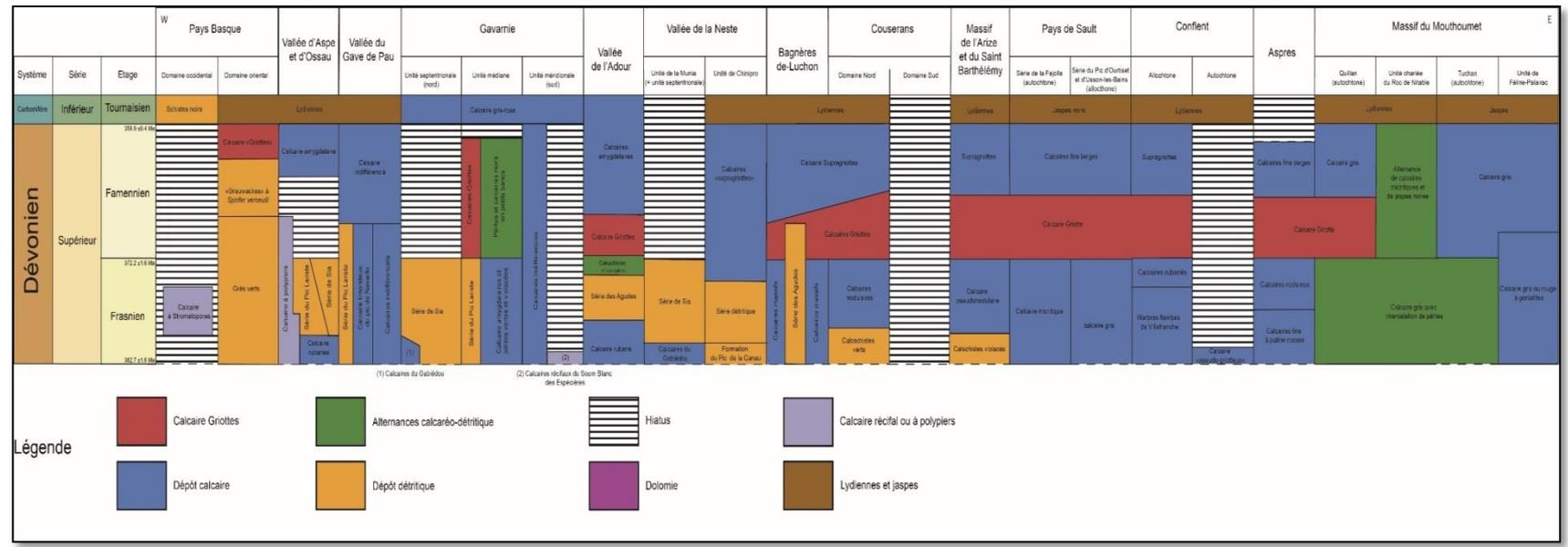
Direction de l'approfondissement (Négre, 2017)



Approfondissement Ouest-Est d'après Majesté-Menjoulas et Ríos, 1996)



Modifié d'après Majesté-Menjoulas et Ríos, 1996



Légende

- Calcaire Grottes
- Alternances calcaireo-détritiques
- Hiatus
- Calcaire réifal ou à polyptères
- Dépôt calcaire
- Dépôt détritique
- Dolomie
- Lydiennes et jaspes



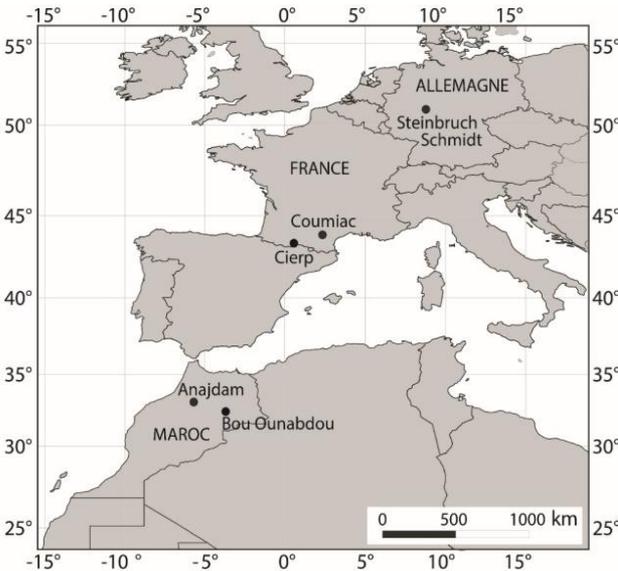
Evènements anoxiques



Etude des évènements anoxiques

Un nouvel évènement anoxique du Kellwasser inférieur identifié dans le Dévonien supérieur des Pyrénées Centrales

⇒ Résultats présentés sous forme de poster à la Journée des doctorants du BRGM (20 et 21 Mars 2016)



Carte des localisations actuelles des sections présentées dans ce travail (modifié d'après Riquier et al., 2009).

Un nouvel évènement anoxique du Kellwasser inférieur identifié dans le Dévonien supérieur des Pyrénées Centrales

Manon NÉGREL¹, Markus ARETZ², Élise NARDIN¹ et Benoit ISSAUTIER²
¹Géosciences Environnement Toulouse (OMP), ²BRGM Orléans

Fig. 1 Chronostratigraphie et biostratigraphie du Dévonien supérieur

Fig. 2 Carte des localisations actuelles des sections paléontologiques dans ce travail (modifié d'après Riquier et al., 2009)

L'évènement Kellwasser est un des évènements majeurs du Dévonien supérieur. Il se produit en deux phases successives, le Kellwasser inférieur et le Kellwasser supérieur (Fig. 1), ce dernier marquant la limite Frasnien-Famennien. Ces évènements anoxiques, caractérisés par des dépôts de black shale ou de calcaires noirs, sont connus dans des régions géographiquement proches des Pyrénées (Fig. 2) : dans la Montagne Noire (Bond et al., 2003 ; Bugajschi et Joachimski, 2006 ; Pujol et al., 2006), au Maroc (Loachinski et al., 2002 ; Riquier et al., 2007) et dans le Massif Rhénan (Schmidt, 1992 ; Riquier et al., 2007). Cependant, cet évènement n'a jamais été décrit dans les Pyrénées, identifié pour la première fois dans les Pyrénées, le Kellwasser inférieur est ici caractérisé par une analyse de faciès et de la susceptibilité magnétique.

Matériel et méthodes

Méthodes

- niveau de log et analyse de faciès
- susceptibilité magnétique par pesée des échantillons à 0,001g, mesurée avec un KY33S avec une erreur de mesure de 0,02 10⁻⁶ m³ kg⁻¹

Matériau :

- 23 échantillons pour la susceptibilité magnétique
- 7 lames minces pour l'analyse de faciès

Fig. 3 Carrère de Cierp et son sur l'affleurement du Kellwasser inférieur (Pyrénées Centrales, France)

Stratigraphie et analyse de faciès

La carrère de Cierp est majoritairement composée de calcaires « Griottes » à pseudonodules rouges, caractéristiques du Famennien inférieur. Sous ces calcaires se trouve un horizon de black shale, lié à l'évènement du Kellwasser. Des tectonites, observées dans les bancs calcaires au-dessus de l'horizon de black shale, indiquent que ce niveau est situé dans le Frasnien et pourrait donc correspondre au Kellwasser inférieur. Cette datation préliminaire sera précisée ultérieurement par une étude biostratigraphique avec des conodontes dont la recherche est en cours.

Les analyses de faciès de la coupe de Cierp (Fig. 4 et Tableau 1) se basent sur le modèle de dépôt de Girard et al., 2013. Les faciès observés montrent un environnement de dépôt de rampe médiane à externe, sous la limite d'action des vagues de tempête. L'évolution verticale montre une distaliation et donc un approfondissement du milieu. Cette transgression est observée en Montagne Noire (Bond et Wignall, 2008) et au Maroc (Riquier, 2005).

Nom	Texture	Faune	Matrice	Environnement de dépôt
1	bedrock	trilobites (1-2%) brachiopodes, bryolites et corallites Favosites et graptolites Hélogères - tentacules (2%) 20% de chert - souvent conglom.	siliceuse à matrice de rampe externe biostérilisée	Milieu de rampe médiane à externe, sous la limite d'action des vagues de tempête.
2	bedrock	trilobites (2-3%) brachiopodes, Schizophoria, Fucoides Favosites Hélogères - tentacules (2%)	Milieu biostérilisé en partie, localisé en partie dans l'axe de la faille d'effondrement de la faille d'effondrement des vagues de tempête.	Milieu de rampe médiane, localisé en partie dans l'axe de la faille d'effondrement de la faille d'effondrement des vagues de tempête.

Tableau 1 : tableau de faciès observés dans la Carrère de Cierp

Fig. 4 Section observée dans la carrère de Cierp, avec l'intégration des résultats et des valeurs relatives du niveau marin

Variation de la susceptibilité magnétique durant le Kellwasser inférieur

Fig. 5 Comparaison de la susceptibilité magnétique pour cinq sections comparables (modifié d'après Riquier et al., 2009 et Riquier, 2007)

La comparaison des valeurs de susceptibilité magnétique obtenues au Maroc, dans la Montagne Noire et en Allemagne ainsi que des valeurs obtenues dans cette étude montrent l'influence plus importante de la lithologie que de la bathymétrie (Fig. 5). Les calcaires noirs du Maroc et de la Montagne Noire montrent en effet une susceptibilité magnétique plus faible que les niveaux plus détritiques d'Allemagne et des Pyrénées Centrales.

Conclusion et perspectives

Pour la première fois, le Kellwasser inférieur est décrit dans les Pyrénées. L'étude de ses dépôts, observés dans la carrère de Cierp, montre des ressemblances en termes de variation du niveau marin relatif avec les dépôts de la Montagne Noire. Concernant la susceptibilité magnétique, les données de la coupe de Cierp semblent présenter les mêmes causes de variations que d'autres coupes européennes (Allemagne, Montagne Noire) et africaines (Maroc). Ces résultats montrent la nécessité de mieux caractériser ces évènements anoxiques par l'acquisition des données sédimentologiques et géochimiques, qui sont en cours pour la carrère de Cierp.

D'autres dépôts de black shale, pouvant marquer la présence d'un évènement anoxique (Fig. 6) (Langenberg, Kellwasser inférieur et supérieur, Rhinestett) ont été observés dans les Pyrénées Centrales. Leur datation est en cours, ainsi que l'acquisition des données sédimentologiques et de susceptibilité magnétique et de géochimie.

Fig. 6 Aaffleurement de Rhinestett du Fort de Saint-Jérome (Pyrénées Centrales)

Références

- Bond, C. P., & Wignall, P. B. (2008). The role of sea level change and marine areas in the Frasnian-Famennian (Late Devonian) mass extinction. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 263(3), 167-176.
- Bugajschi, M., & Joachimski, M. (2006). Carboniferous stratigraphy of the Devonian of Central and Southern Europe. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 241(1), 66-83.
- Riquier, B., Thébaud, M., Audoubert, O., Joachimski, M., Baudou, A., & Baudou, A. (2005). Bâtonner water table conditions at the Frasnian-Famennian boundary in both sides of the European Belt: constraints from trace element geochemistry. *Understanding Late Devonian and Frasnian*. *Journal of Paleontology*, 79(2), 271-283.
- Riquier, B., & Wignall, P. B. (2007). Environmental changes at the Frasnian-Famennian boundary in the Central Pyrenees (Southern France): implications for the Kellwasser event. *Journal of Paleontology*, 81(1), 1-15.
- Schmidt, E. (1992). The late Frasnian (Upper Devonian) Kellwasser class in Eifel (Germany) in Earth History (pp. 101-106). Springer Berlin Heidelberg GmbH.
- Bond, C. P., & Wignall, P. B. (2005). Palaeoenvironmental changes at the Frasnian-Famennian boundary in the European sector. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 219(1-2), 133-145.
- Riquier, B., & Wignall, P. B. (2005). The late Frasnian (Upper Devonian) Kellwasser class in the Central Pyrenees (France). *Journal of Paleontology*, 79(2), 271-283.

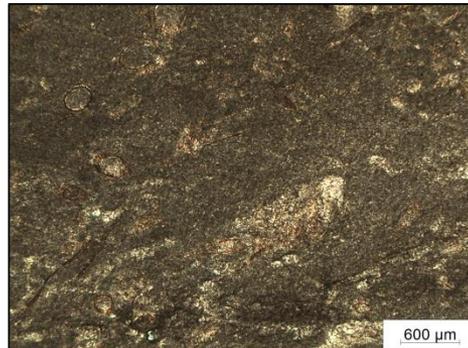
Stratigraphie et analyse de faciès

Carrière de Cierp (Pyrénées Centrales, France) :

- ⇒ composée de calcaires « Griottes » à pseudonodules rouges, caractéristiques du Famennien inférieur
- ⇒ Présence d'un horizon de black shale, lié à l'évènement du Kellwasser
- ⇒ Datation préliminaire : dépôt du Kellwasser inférieur



Calcaires «Griottes»

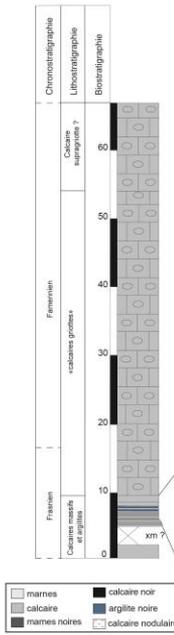


Tentaculites vues en lames minces

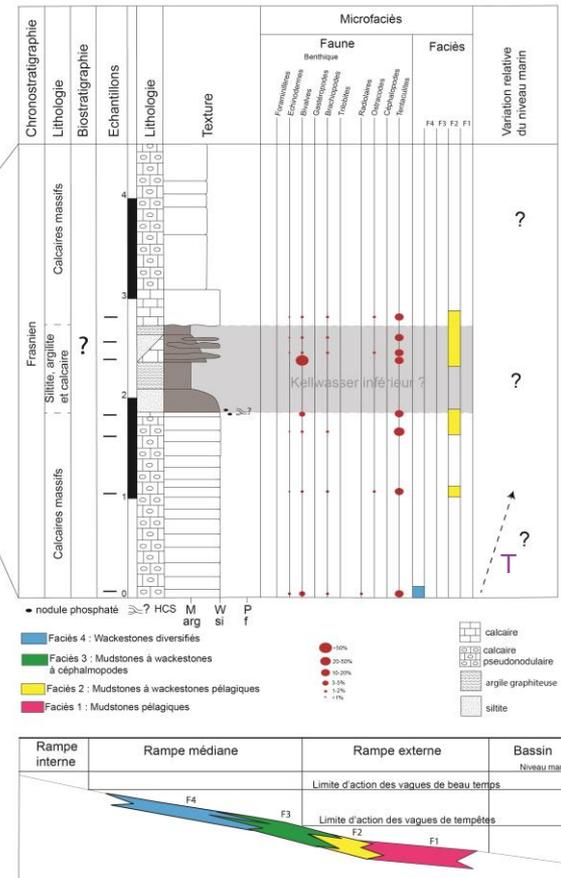
⇒ Environnement de dépôt de rampe médiane à externe, sous la limite d'action des vagues de tempête

⇒ Evolution verticale des faciès semble montrer une distalisation et donc un approfondissement du milieu. Cette transgression est observée en Montagne Noire et au Maroc

Log de la carrière de Cierp (Pyrénées Centrales)



Log de l'évènement Kellwasser inférieur de la carrière de Cierp



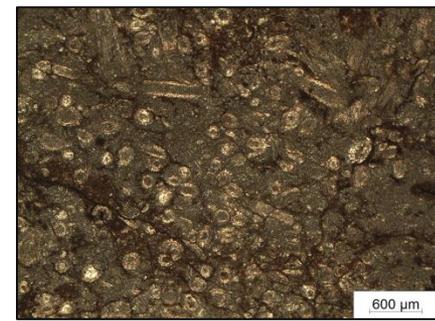
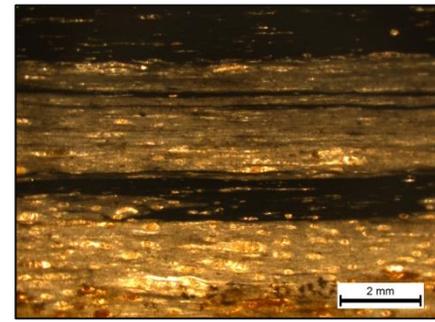
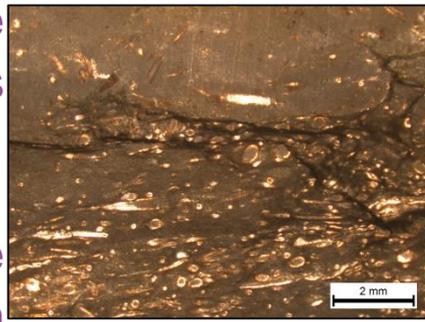
Nom	Texture	Faune	Matrice	Environnement de dépôt
Faciès 2 (Mudstones à wackestones pélagiques)	Mudstone à wackestone	Benthique (1-2%) : brachiopodes, bivalves et échinodermes, bioclastes fracturés et dépassant rarement le millimètre Pélagique : tentaculites (10-20%) le plus souvent complètes	Micrite ou recristallisée en microsparite	Milieu de rampe externe
Faciès 4 (Wackestones pélagiques)	Wackestone	Benthique (2 à 5%) : bivalves, brachiopodes, échinodermes, fracturés dépassant rarement le millimètre Pélagique : tentaculites (10%)	Micrite ou recristallisée en microsparite	Milieu de rampe médiane, entre la limite d'action des vagues de beau temps et la limite d'action des vagues de tempêtes.

Tableau de faciès

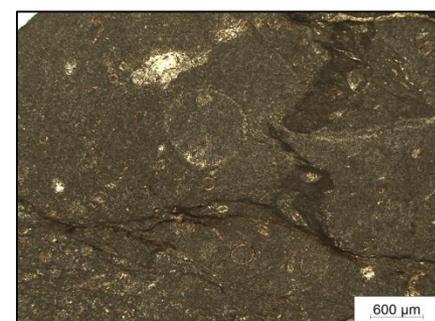
Section observée dans la carrière de Cierp, avec l'interprétation des microfaciès et des variations relatives du niveau marin

⇒ Environnement de dépôt de rampe médiane à externe, sous la limite d'action des vagues de tempête

⇒ Evolution verticale des faciès semble montrer une distalisation et donc un approfondissement du milieu. Cette transgression est observée en Montagne Noire et au Maroc



Faciès 2



Faciès 4

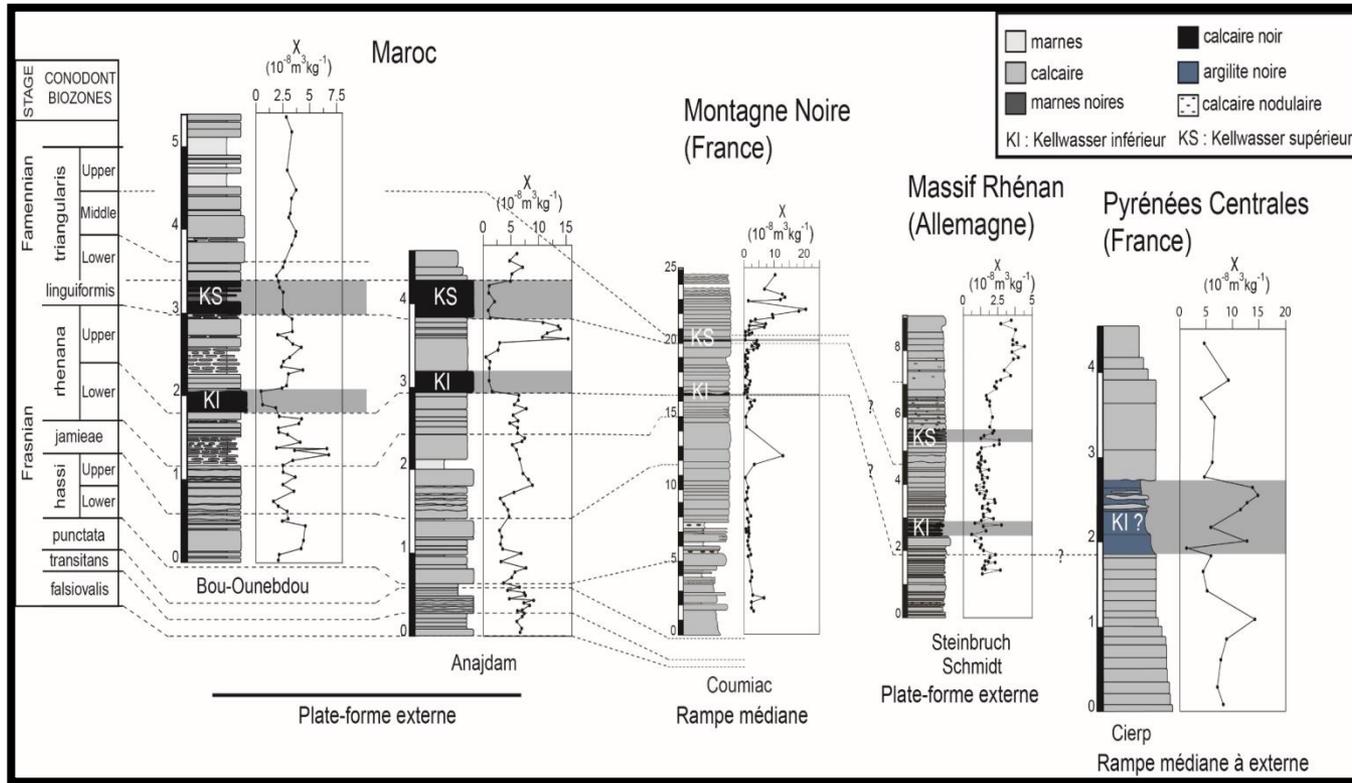
Nom	Texture	Faune	Matrice	Environnement de dépôt
Faciès 2 (Mudstones à wackestones pélagiques)	Mudstone à wackestone	Benthique (1-2%) : brachiopodes, bivalves et échinodermes, bioclastes fracturés et dépassant rarement le millimètre Pélagique : tentaculites (10-20%) le plus souvent complètes	Micrite ou recristallisée en microsparite	Milieu de rampe externe
Faciès 4 (Wackestones pélagiques)	Wackestone	Benthique (2 à 5%) : bivalves, brachiopodes, échinodermes, fracturés dépassant rarement le millimètre Pélagique : tentaculites (10%)	Micrite ou recristallisée en microsparite	Milieu de rampe médiane, entre la limite d'action des vagues de beau temps et la limite d'action des vagues de tempêtes.

Tableau de faciès

Variation de la susceptibilité magnétique durant le Kellwasser inférieur



Localisation des affleurements



Comparaison de la susceptibilité magnétique pour cinq sections européennes (modifié d'après Riquier et al., 2009 et Riquier, 2007)

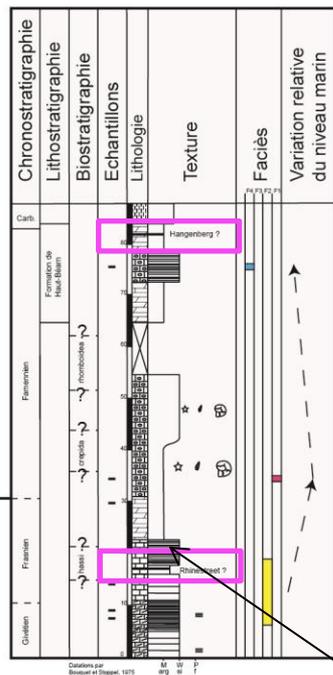
⇒ Montre l'influence importante de la lithologie

Conclusion

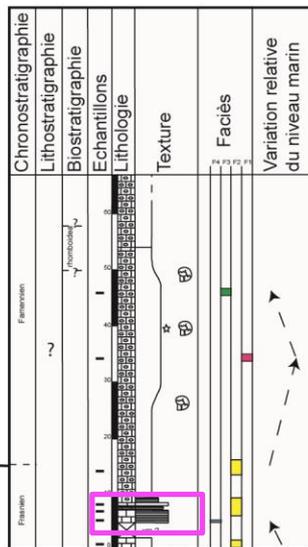
- ⇒ Le Kellwasser inférieur est décrit dans les Pyrénées Centrales pour la première fois
- ⇒ Ressemblances en termes de variation du niveau marin relatif des dépôts de Cierp avec les dépôts de la Montagne Noire
- ⇒ Susceptibilité magnétique : causes des variations identiques à celles d'autres coupes européennes (Allemagne, Montagne Noire) et africaines (Maroc)
- ⇒ D'autres niveaux de black shale observés (Région d'Aulus-les-Bains et de Bagnères-de-Luchon)
- ⇒ **Nécessité de mieux caractériser les évènements anoxiques pyrénéens (sédimentologie, susceptibilité magnétique, géochimie) pour replacer ces données dans le contexte européen**



Log du Pont des Saubettes

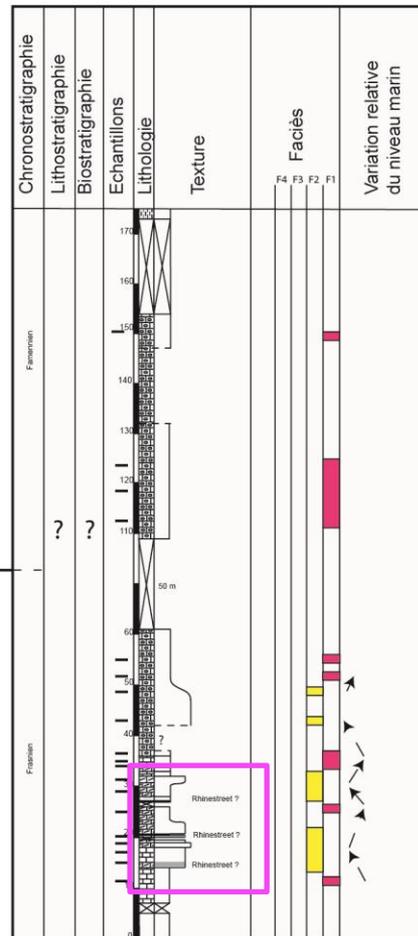


Log de la carrière de Cierp

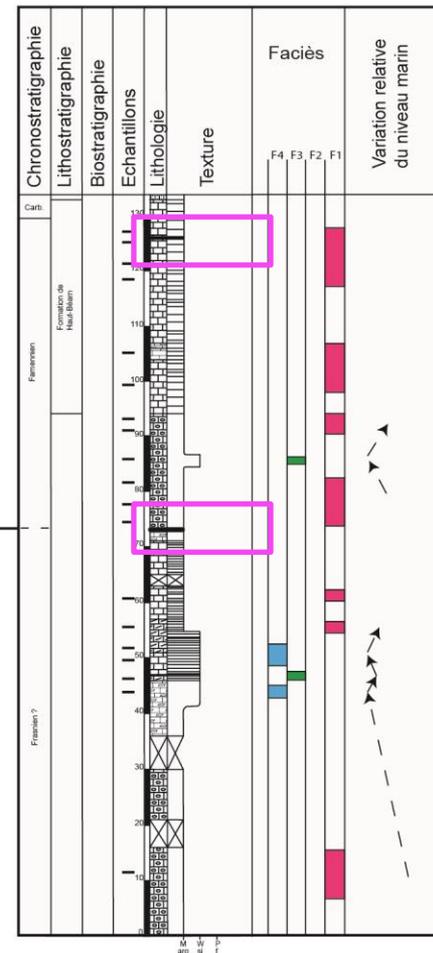


Niveau de décollement

Log de la Mère Lassère



Log du Pont de la Taulé



Corrélation des logs des Pyrénées Centrales



Conclusion



Etude du Dévonien supérieur des Pyrénées Centrales

Analyse de faciès et interprétations environnementales

⇒ montre un modèle environnemental qui ne correspond totalement pas au modèle admis jusqu'à présent

Evènements anoxiques

⇒ Nouveaux évènements anoxiques identifiés

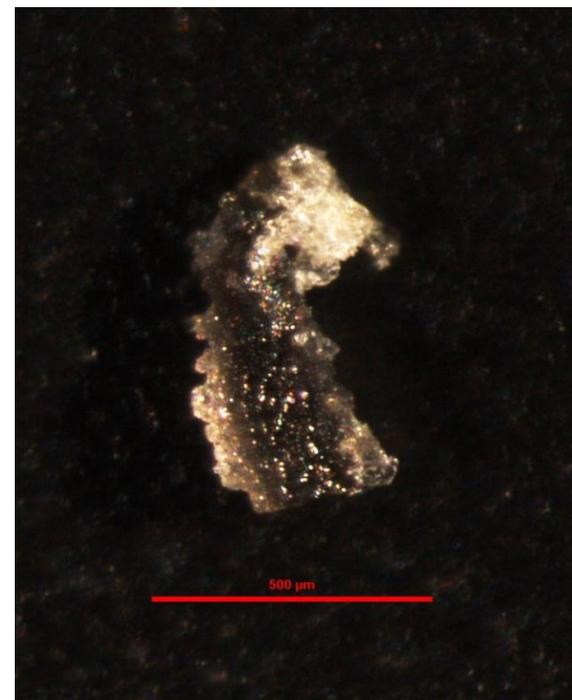
⇒ Analyses de faciès et susceptibilité magnétique : mise en évidence de comportements proches dans des régions adjacentes (Maroc, Montagne Noire et Allemagne)

Perspectives

- ⇒ Acquisition de données géochimiques
- ⇒ Calage biostratigraphique par conodontes

Extension de l'étude

Levé de deux nouvelles coupes (ouest et est des
Pyrénées Centrales) pour compléter le transect
Ouest-Est





Merci de votre attention